Aus der IV. Medizinischen Universitätsklinik Berlin
(Städtisches Robert-Koch-Krankenhaus)
Leiter: Prof. Dr. med. H. Dennig.

# Über die Steigerung der sportlichen Leistungsfähigkeit durch künstliche Alkalose

## Inaugural-Dissertation

**zur Erlangung des Medizinischen Doktorgrades an der Friedrich-Wilhelms-Universität zu Berlin**

vorgelegt von

**Friedrich Habenicht**

aus Essen

Tag der Promotion: 24. Mai 1940

Rudolph Pfau, Buchdruckerei u. Verlag, Berlin NW. 7, Luisenstr. 21

M 80

Gedruckt mit Genehmigung
der
Medizinischen Fakultät der Universität Berlin

---

Dekan: Prof. Dr. K r e u z
Referent: Prof. Dr. D e n n i g
Korreferent: Prof. Dr. v. B e r g m a n n

R. UNIV.
BIBLIOTHEEK
LEIDEN

1931 zeigten Dennig und Mitarbeiter, daß die körperliche Leistungsfähigkeit durch Veränderungen des Säure-Basenhaushaltes verändert werden kann. Sie wird durch künstliche Alkalose gesteigert, durch Azidose vermindert. Diese Angaben wurden durch zahlreiche Nachuntersuchungen bestätigt.

Auch die vorliegende Arbeit befaßt sich mit der Leistungsfähigkeit bei künstlicher Alkalose.

Während bis jetzt* die Untersuchungen unter Laboratoriumsbedingungen durchgeführt wurden, nahm ich meine Selbstversuche auf dem Sportplatz vor. Dabei mußte eine vorgeschriebene Strecke in möglichst kurzer Zeit durchlaufen werden. Außerdem interessierte das subjektive Gefühl der Erholung und seine Veränderung durch die künstliche Alkalose.

Eine weitere Versuchsreihe wurde im Laboratorium auf einem Fahrradergometer durchgeführt. Ich fuhr bis zur Erschöpfung bei gleichbleibender Pedalumdrehungszahl in der Minute. Bei der zweiten Versuchsreihe lief ich auf einer Sportplatzaschenbahn 3000 m; und zwar verteilte ich meine Kräfte derart, daß ich in der letzten Runde mein Tempo zu einem Endspurt steigern konnte, so daß ich am Ziel völlig erschöpft war. Bei der Erschöpfung bestand Trockenheit im Munde, starke Atemnot, Hitze und gesteigerter Blutandrang zum Kopf, deutliches Fühlen des Temporalispulses, Schwarzwerden vor den Augen und Schwere in den Beinen, die sich besonders unmittelbar nach Aufhören des Laufens stark bemerkbar machte. Ferner sonderte der Körper reichlich Schweiß ab.

---

* Inzwischen wurden zwei weitere Versuchsreihen an Sportlern von B. Galuba und H. Hellwig veröffentlicht.

## Erster Versuch.

*Methodik.*

Bei dem Versuch auf dem Fahrradergometer wurde schon vor Beginn des Fahrens auf dem Rade sitzend das Atemvolumen in Ruhe 10 Minuten lang gemessen und nach Haldane analysiert; dann wurde sämtliche Exspirationsluft während des Fahrens und während weiterer 30 Minuten nach Erschöpfung in Ruhe gemessen und analysiert.

Ich atmete dabei in Ruhe und während des Fahrens durch ein Atemventil abwechselnd in zwei Spirometer, die 150 bzw. 200 Liter Fassungsvermögen hatten. Im Nebenstrom wurden jedesmal beim Entleeren der Spirometer 50 ccm Exspirationsluft entnommen, die zur Analyse im Haldane-Apparat dienten. Bestimmt wurden die Fahrdauer, das Atemvolumen und der $O_2$- und $CO_2$-Gehalt der Exspirationsluft.

Bei dem zweiten Versuch auf dem Sportplatz kam es mir lediglich auf die Leistungen und das subjektive Erholungsgefühl an.

Für jede Alkalisierung brauchte ich 100 g einer Mischung Natrium bicarbonicum und Natrium citricum, die sich nach Becker gut zur Alkalose eignet, da sie verhältnismäßig wenig Nebenerscheinungen macht.* Ich nahm sie an zwei Tagen hintereinander in je drei Dosen von je 16,7 g nach Mittagessen, Vesper und Abendessen peroral. Einige Zeit nach dem Einnehmen machten sich folgende Erscheinungen bemerkbar: Fülle im Leib, Convulsionen des Darmes und lästiges Aufstoßen. Der Stuhl war von weicherer Konsistenz als sonst. Unangenehm war der quälende Durst, der etwa drei Stunden anhielt. Am Morgen nach dem Einnehmen zeigten sich leichte Lidoedeme, und gelegentlich machten sich Paraesthesien in den Beinen bemerkbar. Besonders auffällig war mir und meinen Kameraden, an denen ich die gleichen Versuche vornahm, die gehobene Stimmung während der Alkalose.

Bei dem Fahrradversuch alkalisierte ich mich einmal, während ich bei dem Versuch auf dem Sportplatz auch schon in den Trainingstagen eine Alkaloseperiode einschob.

---

* Inzwischen ist von Becker-Freyseng und Liebich eine neue Salzmischung angegeben, die, neben Natrium bicarbonicum, bernsteinsaures Natrium und zitronensaures Kalium enthält.

Ueber die Art und Zusammensetzung des Versuchsmittels wurde ich erst nach Abschluß der Versuche unterrichtet, so daß ich vorher völlig unbefangen war.

Für beide Versuche hatte ich mich durch ein ausgiebiges Training auf eine konstante Dauerleistung gebracht; da ich sportlich zu dieser Zeit außer Uebung war, benötigte ich hierzu mehrere Wochen.

*Ergebnisse.*

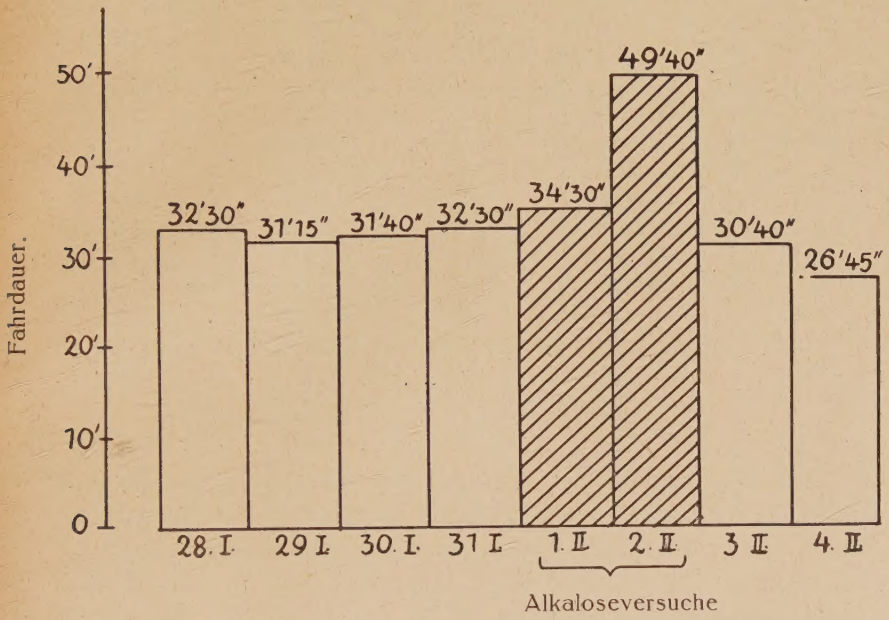


Abbildung I.

In Alkalose tritt einwandfrei eine Leistungssteigerung ein. Ich konnte bei dem Fahrradversuch um 17 Minuten länger fahren als unter normaler Bedingung. Während unter normaler Bedingung die längste Fahrdauer *32'30"* betrug, stieg die Leistung in Alkalose auf 49'40" an. Diese Zeit erreichte ich am *2. 2.*, also am zweiten Alkalosetage. Die Leistungssteigerung am 1. *2.*, dem ersten Alkalosetage, war nur unbedeutend, da, wie ich auch körperlich empfand, die Alkalosewirkung noch nicht ihren Höhepunkt erreicht hatte. Als dann am 4. *2.* die reaktive Acidose (B e c k e r) eingesetzt hatte, blieb die

Leistung weit hinter der unter normaler Bedingung zurück; ich erreichte nur eine Zeit von 26'45", wobei ich bis zur Erschöpfung gefahren war.

Tabelle I.

| Datum | Versuchsbedingung | Atemvolumen in Ruhe vor dem Versuch l/Min. | Durchschnittliches Atemvolumen bei Arbeit l/Min. | Durchschnittliches Atemvolumen in Ruhe nach dem Versuch l/Min. |
|---|---|---|---|---|
| 28. 1. | Normal | 8,8 | 32,55 | 9,0 |
| 29. 1. | Normal | 6,6 | 33,37 | 9,5 |
| 30. 1. | Normal | 6,2 | 34,33 | 9,4 |
| 31. 1. | Normal | 7,3 | 35,13 | 9,5 |
| 1. 2. | Alkalose | 6,6 | 33,33 | 9,0 |
| 2. 2. | Alkalose | 4,6 | 32,75 | 7,0 |
| 3. 2. | Normal | 6,4 | 30,98 | 9,6 |
| 4. 2. | Normal | 7,1 | 35,73 | 9,9 |
| Säule | | I | II | III |

Das Ruheatemvolumen vor und nach den Versuchen, Säule I und III, ist nach Alkalizufuhr erheblich vermindert, was die Befunde von Becker bestätigt. Die Herabsetzung des Ruheatemvolumen trat erst nach zweimaliger Alkalizufuhr am 2. 2. auf. Der Unterschied zwischen dem höchsten Wert unter normaler Bedingung und dem niedrigsten in Alkalose betrug vor dem Versuch 4,2 Liter. Demgegenüber ist das Arbeitsatemvolumen in Alkalose im Verhältnis zum Ruheatemvolumen in Alkalose nur wenig erniedrigt. Dem höchsten Wert von 35,73 Liter in der Minute am 4. 2. unter normaler Bedingung steht der niedrigste Wert von 32,75 Liter in der Minute am 2. 2. in Alkalose gegenüber. Den niedrigsten Wert verzeichnete ich einen Tag nach Absetzen der Alkalizufuhr, an dem das Arbeitsatemvolumen nur 30,98 Liter in der Minute betrug. Das am 2. 2. gemessene sehr erniedrigte Erholungsatemvolumen von 7,0 Liter in der Minute bestätigt ebenfalls die Befunde von Dennig, Peters und Schneikert und von Becker über die Alkalosewirkung auf die Atmung.

Tabelle II.

| Datum | Versuchs-bedingung | $CO_2$-Abgabe in Ruhe vor dem Versuch l/Min. | Durchschnittliche $CO_2$-Abgabe bei Arbeit l/Min. | Durchschnittliche $CO_2$-Abgabe in Ruhe nach dem Versuch l/Min. | $O_2$-Verbrauch in Ruhe vor dem Versuch l/Min. | Durchschnittlicher $O_2$-Verbrauch bei Arbeit l/Min. | Durchschnittlicher $O_2$-Verbrauch in Ruhe nach dem Versuch l/Min. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 28. 1. | Normal | 0,217 | 1,394 | 0,288 | 0,277 | 1,605 | 0,362 |
| 29. 1. | Normal | 0,167 | 1,389 | 0,273 | 0,220 | 1,655 | 0,320 |
| 30. 1. | Normal | 0,160 | 1,416 | 0,276 | 0,210 | 1,727 | 0,337 |
| 31. 1. | Normal | 0,206 | 1,441 | 0,306 | 0,267 | 1,762 | 0,365 |
| 1. 2. | Alkalose | 0,189 | 1,371 | 0,280 | 0,259 | 1,685 | 0,373 |
| 2. 2. | Alkalose | 0,187 | 1,460 | 0,270 | 0,284 | 1,702 | 0,354 |
| 3. 2. | Normal | 0,217 | 1,295 | 0,291 | 0,282 | 1,527 | 0,340 |
| 4. 2. | Normal | 0,206 | 1,461 | 0,213 | 0,246 | 1,629 | 0,332 |
| Säule | | I | II | III | IV | V | VI |

Die Ergebnisse der Gasanalyse zeigten in Alkalose im wesentlichen keine Abweichung von der Norm. Sämtliche Werte der ausgeschiedenen Kohlensäure und des verbrauchten Sauerstoffes in Ruhe und bei Arbeit in Alkalose reihen sich in den Streuungsbereich der entsprechenden Werte unter normaler Bedingung ein. Bei gleichzeitig herabgesetztem Atemvolumen weist dieser Befund auf eine bessere Ausnutzung der Atemluft. Auf diese besonders ökonomischen Atemverhältnisse in Alkalose hat Becker hingewiesen, dessen Befunde hiermit bestätigt werden können.

## Zweiter Versuch.

*Methodik.*

Der zweite Versuch bestand in 3000 Meterlauf. Ich lief morgens nüchtern auf einer Sportplatzaschenbahn. Dem eigentlichen Versuch ging ein zwei Wochen währendes Training voraus. Dieses galt für abgeschlossen, als nur noch unwesentliche Schwankungen in den erzielten Laufzeiten eintraten. Ich lief jedesmal bis zur völligen Erschöpfung. Die Laufzeiten wurden mit einer Stoppuhr festgelegt. Die Versuche fanden im Herbst statt bei Temperaturen, die zwischen + 3° und + 13,5° schwankten. Die Alkalizufuhr geschah in der gleichen Art wie bei dem vorangegangenen Versuch. Im Gegensatz zu dem ersten Versuch schob ich bei diesem schon während des Trainings eine Alkaloseperiode ein.

Abbildung II.

Dieser zweite Versuch ergibt ebenfalls eine Leistungssteigerung durch Alkalosezufuhr. So erreichte ich mit 11'6" am 16. 10. in Alkalose die beste Zeit. Die Trainingstage am 1. 10. und 2. 10. weisen eine doppelte Leistungssteigerung auf; hier addieren sich Trainingswirkung und Alkalose. Gerade der Leistungssprung beim Training zeigt sehr deutlich, wie die künstliche Alkalizufuhr den Anpassungsvorgang des Trainings auf natürliche Weise unterstützt. Auch während des Trainings kommt es bekanntlich (Herxheimer, Walinski) zu einer alkalischen Umstimmung des Organismus.

Das subjektive Gefühl, mich nach dem erschöpfenden 3000 m Lauf erholt zu haben, hatte ich in den Normalversuchen nach 40—45 Minuten nach beendetem Lauf. In den Alkaloseversuchen fühlte ich mich bereits nach 15 Minuten völlig erholt. Das gleiche bestätigten mir Kameraden, an denen Parallelversuche vorgenommen wurden. Nach den Ergebnissen der Atemvolumenmessung, vor allem auch der Erholungszeit, aus den Laboratoriumsversuchen (Tabelle I) ist

dieser Befund leicht verständlich, ebenso auch aus der Ueberlegung heraus, daß die sonst in der Erholungszeit noch vorhandenen sauren Stoffwechselprodukte in Alkalose wohl neutralisiert sind.

Außerdem hatte ich das Gefühl, in Alkalose leichter und stärker als sonst geschwitzt zu haben. Durch die Natrium-Alkalose wird nun reichlich Wasser zurückgehalten, was dann als Schweiß zur Verfügung stehen könnte. Becker hat allerdings nachgewiesen, daß die alkalotische Leistungssteigerung unabhängig von den Veränderungen des Wasserhaushaltes ist.

## Zusammenfassung.

1. Die Selbstversuche bestätigen die Ergebnisse von Dennig und Mitarbeitern, daß künstliche Alkalose eine Leistungssteigerung bewirkt. Ich vermochte 1. bei konstantem Widerstand am Fahrradergometer die Arbeitsdauer zu verlängern, 2. bei vorgeschriebener Strecke die Arbeitsleistung zu verbessern. Einmal konnte ich also unter Alkalose längere Zeit radfahren, zum anderen eine bestimmte Strecke in kürzerer Zeit durchlaufen.
2. Das Ruheatemvolumen ist in Alkalose erheblich herabgesetzt, während das Arbeits- und Erholungsatemvolumen in Alkalose sich nur wenig von dem unter normaler Bedingung unterscheidet.
3. Die Ergebnisse der Gasanalyse in Alkalose weichen nicht von denen unter normaler Bedingung ab, was eine bessere Ausnutzung der Atemluft bedeutet.
4. Die Erholungszeit ist in Alkalose erheblich verkürzt.
5. Die alkalotische Leistungssteigerung ist auch während des Trainings deutlich vorhanden.

## Schrifttum.


1. Becker, H.: Diss. Berlin 1936.
2. Becker-Freyseng, H. und L. L. Liebich: Arch, exp. Path. Pharm. **188**, 598 (1938).
3. Dennig, H., Talbott, Edwards und Dill: J. of clinic. Investigation IX. Nr. 4 (1931).
4. Dennig, H., Peters und Schneikert: Arch. exp. Path. Pharm. **165**, 161 (1932).
5. Dennig, H., H. Becker-Freyseng, E. Krause, W. Albath: Arch. exp. Path. Pharm. **186**, 611 (1937).
6. Dennig, H.: D. m. W. 1937, 733.
7. Galuba, B.: Diss. Berlin 1939.
8. Hellwig, H.: Diss. Berlin 1940.
9. Herxheimer: Z. klin. Med. **98**, 488 (1924).
10. Walinski: Veröffentlichungen aus dem Gebiet des Heeressanitätswesens. **73**, 37.

## Lebenslauf.

Als Sohn des Seminaroberlehrers Christian Habenicht wurde ich, Friedrich Habenicht, am 29. August 1908 in Essen geboren. Ich besuchte die Volksschule in Essen und Midlum (Kreis Wesermünde), das Realgymnasium in Jüterbog, Luckenwalde und Eberswalde, wo ich Ostern 1931 das Reifezeugnis erhielt. Danach studierte ich in Berlin Medizin, bestand dort 1934 das Physikum und am 20. Oktober 1937 das medizinische Staatsexamen. Das praktische Jahr absolvierte ich an der IV. Medizinischen Klinik, Robert Koch-Krankenhaus, Berlin-Moabit und am Städtischen Krankenhaus in Luckenwalde, wo ich seit dem 1. April 1939 als Assistenzarzt der Inneren Abteilung angestellt bin.